

# **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОД ЗАКАЛКУ С ЖИДКО-ТВЕРДОГО СОСТОЯНИЯ НА ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В СТАЛИ Р6М5Ф4 В ОБЛАСТИ ПЕРИТЕКТИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ**

*Дидух Людмила Романовна*

*Руководитель – доц., к.т.н. Федоркова Наталья Николаевна*

*Соруководитель – н.с. Балакин Александр Анатольевич*

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск  
luda-didukh@rambler.ru

Целью данной работы было исследование процессов структурообразования в инструментальной быстрорежущей стали Р6М5Ф4 для повышения ее износостойкости. Экспериментальные образцы были получены с помощью установки для закалочного-структурного исследования (рабочее название – “Стоп-закалка”), которая позволяет зафиксировать структуру стали при температуре жидко-твердого состояния, то есть при температурах начала кристаллизации и перитектического превращения [1]. При производстве литой стали весьма важной и сложной задачей является получение изделий с однородным составом и равномерным распределением свойств по всему сечению отливки. Такие условия могут быть реализованы при использовании интенсивного и регламентированного охлаждения и переохлаждения расплава в интервале температур твердо-жидкого состояния [2].

В соответствии с диаграммами состояния были выбраны следующие температуры: 1420 °С – ликвидус, 1320 °С – начало перитектического превращения, 1250 °С – окончание перитектического превращения. Режимы обработки и выплавки опытных образцов заключались в том, что их нагревали до 1570 °С и выдерживали в жидком состоянии 10 минут для выравнивания химического состава, а затем охлаждали до указанных выше температур и после изотермической выдержки 2 минуты охлаждали со скоростью закалки до 0 °С, что позволило зафиксировать структуру фазовых превращений, происходящих при данных температурах.

Качественный металлографический анализ полученных микрошлифов проводили с помощью оптического микроскопа OPTON AXIOMAT (Германия) при увеличениях 50...1000 крат. Результаты приведены на рисунке 1.

Анализ микроструктур показал, что после закалки от 1420 °С сталь состоит из дендритов  $\delta$ -феррита с размером дендритного параметра  $\sim 5...7$  мкм. С понижением температуры до 1320 °С и, далее, до 1250 °С происходит увеличение размеров дендритного параметра структуры, что связано с длительными изотермическими выдержками при данных температурах, в процессе которых при каждой из заданных температур идет увеличение размеров структурных составляющих (рис. 1а...в).

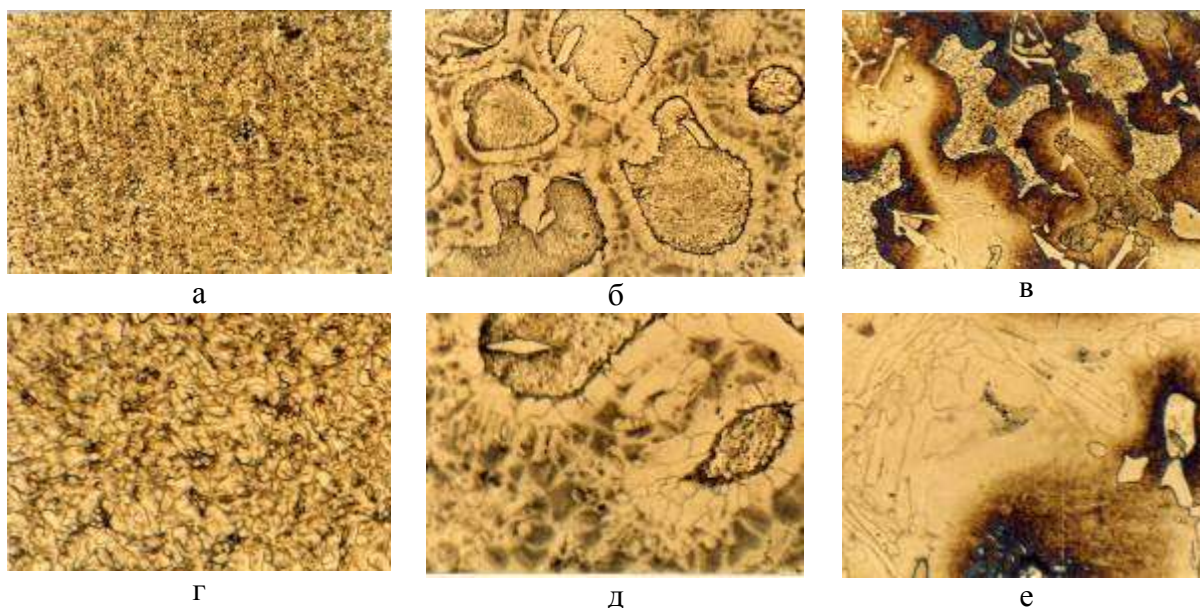


Рисунок 1. Микроструктура стали Р6М5Ф4, закаленной от температур 1420 °С (а, г, ж), 1320 °С (б, д, з), 1250 °С (в, е, и), а...в –  $\times 500$ ; г...е –  $\times 1000$

Особенности морфологии структуры показаны при  $\times 1000$  (рис. 1, г...е). Так, после закалки из жидкого состояния (1420 °С) благодаря высокой скорости охлаждения была получена мелкозернистая дендритная структура, состоящая из дендритных ветвей  $\delta$ -феррита, окруженных жидкими прослойками. Закалка от 1320 °С демонстрирует стадию перитектического превращения. Мы видим процесс образования и роста зерен аустенита видманштеттовой морфологии, растущих от жидкости, расположенной вокруг зерен  $\delta$ -феррита, вглубь этих зерен. Кроме того, видно, что перитектическая реакция идет по двум механизмам. С одной стороны от жидких прослоек идет образование и рост кристаллов аустенита по классической реакции  $\delta\text{-Ф} + \text{Ж} \leftrightarrow \text{А}$ , и, с другой стороны, наблюдаем отдельные кристаллы аустенита в центре зерен  $\delta\text{-Ф}$ , которые выделяются без участия жидкости, то есть по реакции  $\delta\text{-Ф} \leftrightarrow \text{А}$ , что объясняется высокими скоростями охлаждения при закалке.

Из рисунков 1, в и е видно, что в результате длительной выдержки при температуре 1250 °С в отдельных микрообъемах аустенита происходит обратная перитектическая реакция  $\text{А} \leftrightarrow \delta\text{-Ф}$  с выделением  $\delta$ -феррита в результате перестройки ГЦК решетки в ОЦК. Кроме того наблюдаем увеличение размеров вторичных карбидных фаз и колоний карбидной эвтектики.

Основными структурными составляющими стали Р6М5Ф4 являются карбиды на основе таких сильных карбидообразующих элементов, как хром, молибден, вольфрам и ванадий, имеющие различную морфологию, размеры и форму, что свидетельствует об их сложном химическом и стехиометрическом составе и механизмах образования. Выделение вторичных карбидов идет как из матрицы, так и в результате

затвердевания остаточной жидкости, окантовывающей зерна  $\delta$ -феррита. Поэтому мы наблюдаем карбиды кубической и пруткообразной морфологии (рис. 1, е), а также тонкодифференцированные эвтектические колонии в местах расположения жидких прослоек (рис. 1, д).

Оценку размеров и объемного содержания структурных составляющих проводили с помощью количественного анализа микроструктуры по методу случайных секущих по полученным фотографиям. По результатам проведенной количественной металлографии построены графики влияния температуры заковки на размеры и содержание фаз (рисунок 2).

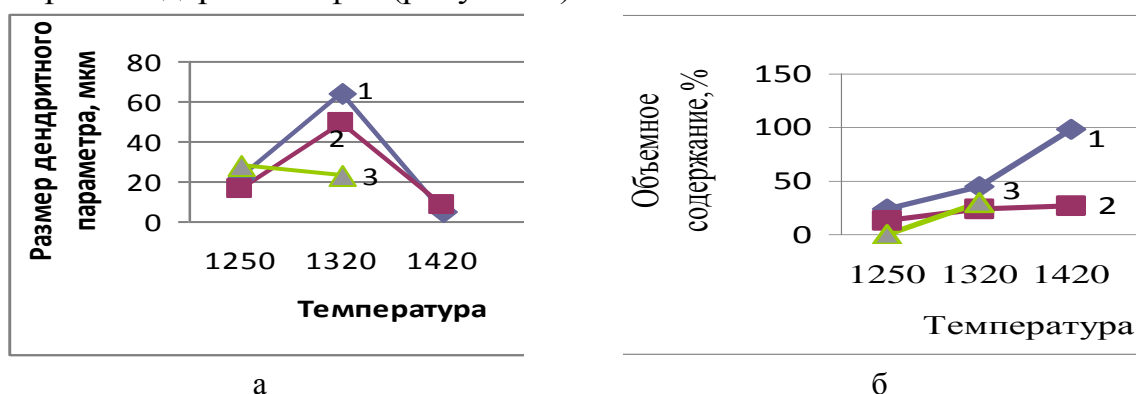


Рисунок 2. Графики зависимости размеров (а) и объемного содержания (б) структурных составляющих стали Р6М5Ф4 от температуры нагрева под заковку: 1 –  $\delta$ -феррит, 2 – карбидная эвтектика, 3 – аустенит

Как известно, структура и свойства сплавов, полученных из жидкого состояния, существенно зависят от скорости их охлаждения. Было определено, что скорость охлаждения при заковке от 1250 °C составляла 6 К/с, от 1320 °C – 27 К/с, от 1420 °C – 250 и 1250 К/с. В результате установлена зависимость: чем больше скорость охлаждения при заковке, тем меньше размеры структурных составляющих стали.

Полученные результаты исследований позволили сделать заключение о том, что повышение температуры нагрева и, соответственно, скорости охлаждения при заковке из области кристаллизации и перитектического превращения способствует существенному уменьшению размера дендритного параметра и к росту количества карбидных фаз стали марки Р6М5Ф4, что приведет к повышению твердости и износостойкости.

Используемые литературные источники:

1. Калинушкин Е.П. Перитектическая кристаллизация легированных сплавов на основе железа. // Днепропетровск. „Пороги”. 2007. 172 с.
2. Кондратюк С.Є., Таранов Є.Д., Нурадінов А.С., Ельдарханов А.С. Вплив температурно-часових параметрів на кристалізацію розплавів у нерівноважному стані. // Київ. МОМ. – 2003. - № 4. – С. 3-8.